

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Centro de Engenharias
Curso de Engenharia Industrial Madeireira



Trabalho de Conclusão de Curso

**Propriedades físicas de painéis aglomerados de baixa
densificação produzidos com casca de arroz**

Luciani da Silva Mota

Pelotas, 2015

Luciani da Silva Mota

**Propriedades físicas de painéis aglomerados de baixa densificação
produzidos com casca de arroz**

Trabalho acadêmico apresentado ao Curso de Engenharia Industrial Madeireira da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Industrial Madeireira.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Érika da Silva Ferreira

Pelotas, 2015

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

M917p Mota, Luciani da Silva

Propriedades físicas de painéis aglomerados de baixa densificação produzidos com casca de arroz / Luciani da Silva Mota ; Érika da Silva Ferreira, orientadora. — Pelotas, 2015.

52 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) — Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, 2015.

1. Ureia-formaldeído. 2. Resíduos lignocelulósicos. 3. Tanino. I. Ferreira, Érika da Silva, orient. II. Título.

CDD : 674

Luciani da Silva Mota

**Propriedades físicas de painéis aglomerados de baixa densificação
produzidos com casca de arroz**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado, como requisito parcial, para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Industrial Madeireira, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 18/11/15

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof.^a Dr.^a Érika da Silva Ferreira (orientadora)
Doutora em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná

Prof. Dr. Leonardo da Silva Oliveira (2º examinador)
Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria

Prof.^a Dr.^a Merielen de Carvalho Lopes (3º examinadora)
Doutora em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná

Nota do Autor

A reprodução e a divulgação, parcial ou total, por meio digital ou impressa é permitida, desde que a fonte seja citada.

Ao meu Padrinho “Guri”

(in memoriam)

Dedico

Agradecimentos

Agradeço ao onipotente DEUS pela vida e por ter me proporcionado uma caminhada abençoada durante toda a graduação.

Agradeço a minha vó Ondina (*in memoriam*) pela atenção e apoio. E ainda, a toda a família originada por ela e pelo vô Ady. Obrigada queridos tios e tias pelo incentivo, motivação e amor que me depositaram. Obrigada meus primos amados, muitos caminharam comigo no meio acadêmico, pelos momentos compartilhados e pela amizade. Agradeço, sobretudo, a minha prima Juliana, que caminha ao meu lado desde os meus primeiros passos e ao meu primo Philipe, pela disponibilidade e atenção em que teve para me auxiliar.

Agradeço de todo o coração e infinitamente a Neiva Marta, que Deus me presenteou chama-la de Mãe, que tornou tudo mais calmo e tranquilo, pela educação, índole, conselhos por estar presente compartilhando todas as etapas.

Agradeço a minha melhor amiga, minha irmã Daniela, pela cumplicidade de toda a vida, pelo amor e amizade que é única e por me mostrar que sempre tenho com quem contar. Agradeço ainda, ao meu cunhado Fabrício por ter assumido o papel de pai em tantos momentos mesmo sem perceber e ao meu sobrinho Emanuel, que muito me orgulha, pelo enorme apoio mesmo tão jovem.

Agradeço ao meu pai Ailton, por ter me carregado, sempre que possível, nas suas atividades profissionais, pelo conhecimento compartilhado, pelos conselhos, histórias, por ter participado na construção do meu perfil de engenheira e por ter me mostrado a grandiosidade da nossa área de atuação.

Agradeço aos meus poucos e bons amigos, pelos momentos vividos, por compreenderem as ausências e por me permitirem ser exatamente quem sou. Em especial a grande amiga Suelen Silva, pela motivação e otimismo, por dançar ao meu lado nos palcos e na vida. Agradeço também, ao Leonardo Spitzer, pelo apoio incondicional, principalmente no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também a todos que foram meus colegas de faculdade, em especial a Catiuce Abreu e a Francine Pereira, pela ajuda neste trabalho e pelas experiências compartilhadas durante a graduação, tanto nas horas de estudo, em meio a ajuda e explicações, como nos momentos de descontração, pela amizade e pelas muitas e altas risadas... Agradeço aos meus amigos do LAPAM, pela ajuda e pela alegria no Laboratório.

Agradeço a todos os professores da Universidade Federal de Pelotas, com certeza foram os responsáveis pelo conhecimento adquirido, principalmente os professores da Engenharia Industrial Madeireira: Prof. Leonardo Oliveira, Prof.^a Merielen Lopes, Prof. Marcos Muller, Prof. Gabriel Cardoso e Prof.^a Cristiane Pedrazzi. Em especial, a minha orientadora Prof.^a Dr.^a Érika da Silva Ferreira, pela dedicação, preocupação, por proporcionar o melhor para os alunos e ainda, pelos conhecimentos compartilhados.

Agradeço também, de todo o coração, aos funcionários do Prédio da Engenharia Industrial Madeireira pela amizade construída dia-a-dia, sem essa relação tudo seria mais difícil, principalmente durante o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço as empresas TANAC, Hexion e Extremo Sul pelo fornecimento dos adesivos e casca de arroz. Agradeço também a Cabanha Corunilha pelo empréstimo de material, equipamento e funcionário para a realização deste trabalho.

Enfim, a todos que de alguma maneira me apoiaram nesta caminhada, o meu mais sincero agradecimento.

Resumo

MOTA, Luciani da Silva. **Propriedades físicas de painéis aglomerados de baixa densificação produzidos com casca de arroz**. 2015. 52f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

Na produção de painéis aglomerados é possível utilizar resíduos lignocelulósicos oriundos da agroindústria, como a casca de arroz (*Oriza sativa* L.), rejeito gerado em grande volume na metade sul do Rio Grande do Sul. Com a preocupação no descarte adequado desses resíduos sólidos, o intuito do estudo foi pesquisar um produto sustentável, visando a utilização de materiais alternativos com a diminuição da proporção do adesivo sintético e o desenvolvimento de painéis piloto para possível utilização como isolantes térmicos e acústicos. Nesse contexto, foram produzidos painéis aglomerados com casca de arroz, utilizando adesivo sintético ureia-formaldeído modificado com tanino da casca da acácia negra, com objetivo de avaliar a influência de diferentes teores de resina nas propriedades físicas dos painéis. Inicialmente a casca de arroz foi fragmentada em moinho de martelo, seca a 3% de umidade e classificada, posteriormente foram produzidos painéis com dimensões de 500 x 500mm, espessura nominal de 25mm, densidade nominal de 0,18g/cm³ e adição de 8% e 10% de teor de resina. Após o acondicionamento dos painéis, foram avaliadas as seguintes propriedades físicas: teor de umidade, densidade, absorção de água e inchamento em espessura, de acordo com as especificações da norma europeia. Ambos os tratamentos apresentaram valores de densidade inferiores ao valor estipulado, porém por se tratar de um procedimento em laboratório, os resultados foram satisfatórios. Com relação a absorção de água, o efeito do teor de adesivo proporcionou diferença nos resultados, apresentando uma tendência inversa ao esperado. Entretanto, para o inchamento em espessura ambos os tratamentos se enquadram na especificação da norma europeia. Dentre os efeitos avaliados, o que utilizou 10% de teor de resina apresentou melhores resultados no quesito estabilidade dimensional. De modo geral, a produção de painéis aglomerados de baixa densificação utilizando casca de arroz processada e diferentes teores de resina ureia-tanino-formaldeído foi satisfatória atendendo ao objetivo do estudo.

Palavras-chave: ureia-formaldeído; resíduos lignocelulósicos; tanino.

Abstract

MOTA, Luciani da Silva. **Physical properties of low density particleboard produced with rice husk**. 52f. 2015. Course Final Paper - Course Wood Industrial Engineering, Engineering Center, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2015.

In panels production were possible use lignocellulosic wastes coming from agribusiness, like a rice husk (*Oryza sativa* L.), waste generated in large volume in southern Rio Grande do Sul half. In this concern the study's aimed was to find a sustainable product, expected at the use of alternative materials with a proportion of synthetic adhesive decrease and development pilot panels with possible use of thermal and acoustic insulation board. In this context, particleboards with rice husk were produced using urea-formaldehyde synthetic resin modified with tannin from black wattle bark, with objective to evaluate a different resin content influence on physical properties of the panels. Initially a rice husk has been fragmented into hammer mill, dried to 3% moisture and classified were later produced panels with 500 x 500mm dimensions, 25mm nominal thickness, nominal density of 0.18 g / cm³ and adding 8% and 10% resin content. After the panels conditioning, were evaluated physical properties follows: moisture content, density, water absorption and swelling in thickness, of the agreement with european standard specifications. Both treatments showed lower density values when determined amount, however because it is laboratory procedure, were satisfactory results. In Relationship with the water absorption, the effect resin content provided difference in the results, showed a reverse trend at expected. However, for swelling in thickness both treatments according standard European specification. Among the evaluated effects, those used 10% resin content presented the best results in relation of dimensional stability. Generally, a low densification panels production using processed rice husk and different levels of urea-tannin-formaldehyde resin was satisfactory given to study objective.

Keywords: urea-formaldehyde; lignocellulosic waste; tannin.

Lista de Figuras

Figura 1 – a) Casca de arroz (<i>Oriza sativa</i> L.). b) Adesivo natural à base de tanino da casca de acácia negra. c) Resina sintética Ureia-formaldeído.	30
Figura 2 – Limpeza das cascas de arroz por meio de peneira de análise granulométrica.	31
Figura 3 – Desintegrador DPM Nogueira utilizado no processamento das cascas de arroz.	31
Figura 4 – a) Estufa com circulação de ar. b) Secagem das cascas de arroz em estrutura de madeira telada.	33
Figura 5 – Mistura de tanino em pó e água com auxílio do agitador mecânico.	34
Figura 6 – a) Encoladeira. b) Pistola para aplicação do adesivo.	36
Figura 7 – Colchão formado e espaçadores de 25mm.	37
Figura 8 – Prensa hidráulica Hidraumak.	37
Figura 9 – Painéis com 8 e 10% de resina após prensagem.	37
Figura 10 – Corpos de prova após a confecção em serra circular de bancada.	38
Figura 11 – Imersão dos corpos de prova em água destilada.	40

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Classificações dos aglomerados	23
Tabela 2 – Valores médios para cada parâmetro de qualidade dos adesivos	34
Tabela 3 – Delineamento experimental.....	35
Tabela 4 – Quantidade de cada constituinte dos painéis.	35
Tabela 5 – Ensaio físicos realizados nos painéis aglomerados e quantidade tratamentos, repetições e corpos de prova amostrados.....	38
Tabela 6 – Valores médios para densidade (d) dos painéis aglomerados produzidos	42
Tabela 7 – Valores médios para teor de umidade (TU) dos painéis aglomerados produzidos.....	43
Tabela 8 – Valores médios para absorção de água (AA) dos painéis aglomerados produzidos.....	44
Tabela 9 – Valores médios para inchamento em espessura (IE) dos painéis aglomerados produzidos	45

Lista de Siglas

AA – Absorção de água

ABIPA – Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social

d – Densidade

DPM – Desintegrador, picador e moedor

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ha – Hectare

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores

IE – Inchamento em espessura

IRGA – Instituto Rio Grandense do Arroz

LAPAM – Laboratório de Painéis de Madeira

MDF – Medium Density Fiberboard

MDP – Medium Density Particleboard

pH – Potencial de Hidrogeniônico

PR – Paraná

RPM – Rotações por minuto

RS – Rio Grande do Sul

T – Tanino

TF – Adesivo Tanino-formaldeído

TS – Teor de Sólidos

TU – Teor de Umidade

UF – Adesivo Ureia-formaldeído

Lista de Equações

Equação 1	32
Equação 2	39
Equação 3	39
Equação 4	40

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	19
2.1	Objetivo Geral	19
2.2	Objetivos Específicos.....	19
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	20
3.1	Painéis de madeira reconstituída	20
3.1.1	Panorama do mercado de painéis.....	20
3.2	Painéis aglomerados	22
3.3	Painéis produzidos com resíduos lignocelulósicos.....	24
3.4	Cadeia produtiva do arroz.....	25
3.4.1	Casca de arroz	25
3.5	Adesivos para a produção de painéis aglomerados	26
3.5.1	Tanino.....	27
3.5.2	Adesivo Ureia-formaldeído (UF).....	28
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	30
4.1	Obtenção do Material.....	30
4.2	Preparação do Material.....	30
4.3	Produção e propriedades do adesivo Ureia-Tanino-formaldeído.....	33
4.4	Produção dos painéis aglomerados	35
4.5	Ensaio Físicos dos Painéis	38
4.5.1	Densidade.....	38
4.5.2	Teor de umidade do painel	39
4.5.3	Absorção de água.....	39
4.5.4	Inchamento em espessura.....	39
4.6	Análise estatística.....	40
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42

5.1 Densidade.....	42
5.2 Teor de umidade	43
5.3 Absorção de água	44
5.4 Inchamento em espessura	45
6 CONCLUSÃO.....	47
Referências	48
Apêndices	53

1 INTRODUÇÃO

Com a dificuldade de obtenção da madeira maciça de boa qualidade, os painéis de madeira reconstituída têm sido empregados como forma de suprir as demandas do mercado madeireiro, destacando-se por serem produtos com grande capacidade para substituir o material maciço em diversas finalidades de uso, devido as vantagens que apresentam (MARTINS, 2014). Neste contexto, surgiram os painéis de madeira aglomerada, caracterizados por serem constituídos de partículas de madeira ou outro material lignocelulósico (IWAKIRI, 2005).

A crescente preocupação com a preservação dos recursos naturais e com a questão de saúde pública, fez com que fosse regulamentada, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010), onde constam diretrizes e ações a serem adotadas para o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos, promovendo o desenvolvimento social, econômico, ambiental, de tecnologia limpa e de crescimento sustentável no Brasil.

Diversas alternativas de melhoria do desempenho ambiental de painéis reconstituídos podem ser sugeridas, dentre elas, tem-se a substituição do uso de madeira de florestas plantadas, por resíduos agroindustriais (FREIRE et al., 2015). Com isso, surgiram diversos estudos para o aproveitamento de resíduos, como é o caso da confecção de painéis aglomerados com resíduos lignocelulósicos (MELO, 2009).

Para maximizar o aproveitamento da matéria prima e reduzir o impacto do resíduo gerado, a casca de arroz tem sido utilizada como material alternativo (URSINI e BRUNO, 2012) já que o arroz se caracteriza por ser um alimento básico, sendo um dos cereais mais consumidos no mundo de acordo com a Embrapa (2005). Entretanto, a atual utilização deste resíduo não supre totalmente a sua oferta, possibilitando que novos fins sejam considerados para seu aproveitamento.

Dados do MAPA (2015) afirmam que o Brasil está entre os dez maiores produtores mundial de arroz, sendo o Rio Grande do Sul o maior produtor brasileiro com destaque de produção na zona sul do estado (IRGA, 2015).

Neste cenário, quantidades elevadas de casca de arroz são descartadas em forma de resíduo, visto que a casca representa 20% do peso total do arroz, o que gera problemas de eliminação (CHUNGSANGUNSIT et al., 2004).

Outra solução sustentável é a produção de painéis sem adição de resinas sintéticas, utilizando resinas naturais. Os principais problemas ambientais das resinas a base de formaldeído, são as emissões para o ar (FREIRE et al., 2015).

O custo da resina é muito alto em relação ao custo total dos painéis, uma vez que quase todas as matérias-primas para fabricação de adesivos são oriundas de derivados do petróleo. Pesquisas que visam substituir em parte ou totalmente os atuais adesivos sintéticos são fundamentais para que se possa produzir a um custo menor (ALMEIDA, 2010).

Dentre as alternativas pesquisadas para substituir os adesivos sintéticos na fabricação de painéis de madeira, destaca-se o adesivo natural a base de tanino, polifenol obtido de várias fontes renováveis, como por exemplo, da casca de acácia negra (*Acacia mearnsii*) (ALMEIDA, 2010) ou ainda, como elemento de modificação de adesivos sintéticos, que de acordo com Martins (2014), além de diminuir o consumo de adesivos derivados do petróleo pelas indústrias, a utilização do tanino possibilita aumentar o valor agregado do produto, pois acarreta o uso racional da floresta pela indústria madeireira, aumentando o retorno econômico.

A atual preocupação com a sustentabilidade e o aumento de custos com a energia elétrica, têm acarretado uma busca crescente por tecnologias que conduzam a uma eficiência energética. Sabe-se que uma parcela significativa do consumo energético está relacionada com os aparelhos de resfriamento ou aquecimento dos ambientes (LAMEIRAS, 2012). Com isso, se torna interessante e viável o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis, como é o caso dos painéis aglomerados de baixa densidade, que possam ser aplicados em sistemas construtivos leves, como o Wood frame, a fim de suprir a necessidade de isolamento térmico, podendo diminuir a demanda de energia elétrica, utilizando materiais naturais, atendendo a oferta de resíduos e gerando na construção civil a diminuição das escórias oriundas de obras (MEIRELLES, 2012).

Neste contexto, no presente estudo foi realizada a produção painéis aglomerados de baixa densificação com casca de arroz, avaliando diferentes teores de resina ureia-formaldeído modificada com tanino da casca da acácia negra, reiterando a importância de um produto sustentável, visando a utilização de materiais alternativos com o resíduo lignocelulósico oriundo da atividade agroindustrial, a diminuição da proporção do adesivo sintético e o desenvolvimento de painéis piloto para possível utilização como isolantes térmicos e acústicos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo foi avaliar as propriedades físicas em painéis aglomerados de baixa densificação produzidos com casca de arroz e adesivo ureia-formaldeído modificado com tanino.

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Produzir em escala piloto painéis aglomerados de baixa densificação utilizando casca de arroz processada e diferentes teores de adesivo ureia-tanino-formaldeído (8% e 10%);
- ✓ Determinar as propriedades físicas dos painéis aglomerados de acordo com as normas europeias;
- ✓ Avaliar o efeito do teor de resina nas propriedades físicas dos painéis aglomerados de baixa densificação;
- ✓ Utilizar resíduos lignocelulósicos no processo de produção de aglomerados, com o intuito de desenvolver o reaproveitamento do resíduo agroindustrial do beneficiamento do arroz.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Painéis de madeira reconstituída

Os painéis reconstituídos podem ser definidos como produtos compostos de elementos obtidos no processamento de madeira sólida, que através de procedimentos e pela ação de ligação adesiva são aglutinados. Dividem-se em dois grupos: os formados por partículas de madeira e os compostos por madeira em estágio ainda mais avançado de desagregação, em fibras (VIDAL e HORA, 2014).

Os painéis de madeira surgiram devido, principalmente, pela escassez e pelo encarecimento da madeira maciça substituindo-a nos mais diversos usos (MATTOS et al., 2008). Estes produtos amenizam a anisotropia e a instabilidade dimensional da madeira maciça, diminuem seu custo, aprimoram as propriedades isolantes, térmicas e acústicas e suprem a necessidade de uso da madeira serrada, além de ampliar a superfície útil, por meio da expansão de suas dimensões, melhorando a sua aplicação (WEBER, 2011).

Na produção de painéis reconstituídos obtemos algumas vantagens em relação à madeira maciça, como: baixa exigência na escolha da matéria-prima, maior homogeneidade ao longo das peças produzidas, eliminação de defeitos como nós, grã irregular e defeitos do processo de secagem (MELO, 2009). Além de que, o aproveitamento da madeira na conversão das toras se aproxima de 100%, não há necessidade do uso de toras de largo diâmetro, possibilita a utilização de resíduos da indústria madeireira e agroindustrial a fim de produzir um material com qualidade de baixo custo e que seja alternativa no aproveitamento de resíduos, permite a produção de painéis de grandes dimensões, em que o fator limitador consiste nas dimensões das prensas e não nas das árvores, minimiza o fator anisotrópico que a madeira maciça possui e apresenta fácil impregnação com produtos repelentes a xilófagos, umidade e retardantes de fogo (BNDES, 2014).

3.1.1 Panorama do mercado de painéis

De acordo com o BNDES (2008), o setor de painéis de madeira tem apresentado forte dinamismo no mundo. Neste cenário, tem-se como maior produção e consumo a China e os Estados Unidos. O país americano com 13% do mercado e com a maior parte do consumo (49%) voltada para o MDP onde existem

diversos *clusters* produtivos, nos quais as toras de madeira mais grossas são destinadas à produção de serrados e as toras finas e os resíduos são direcionados à produção de painéis ou celulose. À exceção desses dois países, o consumo de painéis é bastante disperso pelo globo.

O Brasil é destaque mundial na fabricação de painéis de madeira reconstituída, por meio de árvores oriundas de florestas plantadas, devido aos investimentos em tecnologia e automação das empresas, além das melhorias nos processos produtivos e operações florestais (IBÁ, 2015).

Em estudo realizado pelo BNDES (2014), no cenário mundial em 2012, o Brasil aparece como oitavo maior consumidor e sexto maior produtor, onde possui produção de 9.821 mil m³ e consumo de 8.270 mil m³. E acrescenta que o consumo de painéis possui relação com padrões culturais, hábitos e oferta local de produtos do que com desenvolvimento econômico.

Sobre os usos dos painéis reconstituídos, para as vendas internas de 2012, ressaltam que a maior parte das vendas é direta para a indústria moveleira (68%) e somente 25% são para revenda (VIDAL e HORA, 2014).

Dados do BNDES (2014) demonstram em relação ao desempenho por produtos, destaque global para o MDP, que no período de 1995 a 2012 foi o painel que apresentou maior consumo.

Os principais países consumidores de aglomerado são os Estados Unidos (32%), a Alemanha (10%) e a China (7%). A produção mundial de aglomerado alcançou 99,7 milhões de m³, em 2005, destacando-se como maior produtor os Estados Unidos, responsável por 21% deste volume. O Brasil ficou em nono lugar, com 2% do volume fabricado no mundo. O comércio mundial de aglomerado movimentou US\$ 7 bilhões, cerca de 29 milhões de m³. A Europa é a principal região exportadora, enquanto a Ásia é a principal importadora, em 2005, importou 4,5 milhões de m³ e exportou 2,6 milhões de m³. Os Estados Unidos é o maior país importador, com 36% do volume, enquanto o Canadá é o maior exportador, tendo movimentado 34% do volume exportado (MATTOS et al., 2008).

3.2 Painéis aglomerados

Os painéis aglomerados, aprimorados para *Medium Density Particleboard* (MDP) são constituídos por partículas de madeira ou outro material lignocelulósico (IWAKIRI, 2005). As partículas são aglutinadas e compactadas entre si com resina sintética, produzindo painéis por meio da aplicação de pressão e calor em prensa, caracterizando um painel homogêneo e de grande estabilidade dimensional (IBÁ, 2015).

Estes painéis surgiram na Alemanha no início dos anos 40, devido à necessidade de aproveitamento de resíduos de madeira, em consequência da dificuldade de obtenção de madeiras de qualidade para a produção de painéis compensados, quando ocorreu o isolamento da Alemanha na 2ª Guerra Mundial. Com a prioridade do uso do petróleo para fins bélicos, a produção de painéis foi estacionada devido à redução da oferta de matéria-prima para a produção de adesivos. Com o término da guerra, em 1946 a produção foi retomada nos EUA com aprimoramento dos equipamentos e no processo de produtivo. Na década de 60 o setor expandiu em termos de instalações industriais e tecnologia, passando a ser produzido no Brasil, em 1966. A partir da metade da década de 1990, as empresas brasileiras investiram em modernização tecnológica (IWAKIRI, 2005).

Mundialmente como principal matéria-prima, são empregados resíduos e madeiras de qualidade inferior. Porém, no Brasil, utiliza-se madeira de florestas plantadas (VIDAL e HORA, 2014).

No aprimoramento do processo de produção de aglomerados a prensagem passou de cíclica para prensagem contínua, o que conferiu ao produto melhores características de resistência, e implementaram a modificação da nomenclatura para MDP, em uma tentativa de dissociar o novo produto do aglomerado tradicional, que apresentava propriedades de qualidade inferiores (BNDES, 2014).

Conforme Iwakiri (2005), os painéis MDP são classificados de acordo com a densidade, o tipo de partículas e a distribuição das partículas ao longo da chapa, expostas na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificações dos painéis de madeira aglomerada

Classificação	Painel MDP	Característica
Densidade	Baixa	Até 0,59g/cm ³
	Média	De 0,59 a 0,80g/cm ³
	Alta	Acima de 0,80g/cm ³
Tipo de Partículas	Convencional	Partículas tipo <i>Silver</i>
	<i>Flakeboard</i>	Partículas tipo <i>Flake</i>
	<i>Waferboard</i>	Partículas tipo <i>Wafer</i>
	<i>Strandboard</i>	Partículas tipo <i>Strand</i>
Distribuição das partículas na chapa	Homogêneos	
	Múltiplas camadas	
	Camadas graduadas	
	Partículas orientadas (OSB)	

Fonte: IWAKIRI (2005).

Segundo Grubert (2014), o processo de produção dos painéis aglomerados consiste basicamente na obtenção, secagem e classificação de partículas, aplicação do adesivo e de aditivos químicos, formação do colchão, pré-prensagem, prensagem, corte da chapa, resfriamento e acondicionamento, acabamento/revestimento, classificação, embalagem e armazenamento. Além dos custos fixos destes processos e da matéria prima, os custos mais significativos são com a resina.

A secagem das partículas é fator determinante, pois exerce influência na cura da resina, tempo e pressão de prensagem para a consolidação do colchão, sendo inferior a 3% o teor de umidade adequado das partículas. A aplicação do adesivo é normalmente realizada levando em consideração a quantidade de 6 a 12% de adesivo em relação ao peso seco das partículas e deve ser aplicado de forma homogênea, de forma a garantir uniformidade nas propriedades do painel. Na formação do colchão são delineadas a espessura e a densidade do painel, sendo necessária a distribuição uniforme das partículas. A consolidação do colchão até a espessura final como na prensagem que depende de temperatura, pressão, tempo de fechamento da prensa e tempo de prensagem (IWAKIRI, 2005).

Os painéis aglomerados são homogêneos e de apresentam estabilidade dimensional, resistência à flexão e ao arranque de parafusos, sendo indicado para uso na indústria moveleira e marcenaria, na produção de móveis residenciais e

comerciais de linhas retas, e, de forma secundária, na construção civil (ABIPA, 2010).

Dentre os painéis, incluem-se os painéis de baixa densificação, caracterizados por possuírem densidade inferior a $0,59\text{g/cm}^3$ (IWAKIRI, 2005), espessura superior, garantindo estrutura porosa e espaços vazios, que dão a estes painéis propriedades de isolamento térmico e acústico, porém não apresentam elevadas propriedades mecânicas. O estudo destas propriedades para painéis aglomerados de partículas lignocelulósicas não madeireiras, visa empregá-los em estruturas, forros e paredes divisórias nas mais diversas edificações (CARVALHO, 2012).

3.3 Painéis produzidos com resíduos lignocelulósicos

Com a pressão ambiental para reaproveitamento de resíduos, surgiram estudos para o aproveitamento de resíduos (FREIRE et al., 2015), como é o caso da confecção de painéis aglomerados com resíduos como bagaço de cana-de-açúcar, bambu, casca e palha de arroz, palha de milho, erva mate, dentre outros.

Com isso, alguns pesquisadores investigam a possibilidade da utilização do resíduo gerado no beneficiamento do arroz na produção de painéis aglomerados, visto que este resíduo representa um problema ambiental e de saúde, principalmente nas Regiões de cultivo do arroz em larga escala. A casca de arroz ao ser introduzida no processo produtivo de painéis passará de resíduo a matéria-prima (MELO, 2009). Além disso, a casca de arroz é um material com alto teor de carbono e apresenta uma lenta biodegradação, o que pode contribuir para o aumento da durabilidade dos painéis aglomerados produzidos (SOUZA, 1993 apud MELO, 2009).

Souza (2012) relatou que devido ao grande teor de sílica, fibras curtas e baixa resistência a substâncias alcalinas a casca de arroz é inadequada para fabricação de painéis de partículas, no entanto, verificou resultados satisfatórios de isolamento térmico e acústico e resistência ao fogo de painéis aglomerados de casca de arroz produzidos com espessura de 50mm.

Melo (2009), estimou que 40% do volume nacional de arroz são produzidos no Rio Grande do Sul, então, aproximadamente um milhão de toneladas de casca

de arroz por ano e que uma indústria de painéis aglomeradas de médio porte consome de 150 a 200 mil toneladas/ano de partículas. O volume de casca de arroz seria suficiente para suprir a demanda de pelo menos uma unidade industrial.

Com isso, além de solucionar o problema do resíduo gerado no beneficiamento da indústria arroseira, introduzir a casca de arroz, insumo de baixo custo, em um processo industrial é criar um produto sustentável, agregando valor e gerando renda, além de suprir determinada necessidade do mercado.

3.4 Cadeia produtiva do arroz

O arroz destaca-se no cenário mundial pela produção, área de cultivo e consumo, que ocorrem em todos os continentes, desempenhando papel estratégico econômico e social (MAPA, 2015). De acordo com a Embrapa (2005), cerca de 150 milhões de hectares de arroz são cultivados anualmente no mundo produzindo 590 milhões de toneladas, caracterizando-se por ser alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas e se estima que até 2050, haverá uma demanda para atender ao dobro desta população.

Em 2001, dados da Embrapa apontam que o Brasil estava entre os dez principais produtores mundiais de arroz, sendo o maior produtor de fora do continente Asiático, representando 1,8% do total da produção mundial e cerca de 50% da América Latina, com produção de 11 milhões de toneladas para um consumo de 11,7 milhões de toneladas base casca. Atualmente, dados do MAPA (2015) confirmam que o Brasil é o nono maior produtor mundial desta cultura.

Com base em dados divulgados pelo IRGA (2015), referente a safra 2014/2015, o Rio Grande do Sul representou 69% da produção de arroz do país, onde a região sul apresentou umas das áreas mais produtivas do estado com produção de 1.545.894 toneladas, perdendo apenas para a fronteira oeste.

3.4.1 Casca de arroz

A casca de arroz é o revestimento protetor formado durante o crescimento do grão, de baixa massa específica e elevado volume (MELO, 2009). É subproduto do processo de beneficiamento de arroz, que representa 20% do peso total do arroz. Quantidades elevadas de casca de arroz são descartadas em forma de resíduo, o

que gera problemas de eliminação, emissões de metano e devido a suas características podem desenvolver problemas na respiração humana (CHUNGSANGUNSIT *et al.*, 2004).

A casca de arroz é composta de 80% de matéria orgânica, onde 50% de celulose, 26% de lignina e 4% de outros componentes (óleos e proteínas), o que tornam o material lignocelulósico. Além de possuir 20% de matéria inorgânica. Nota-se que a lignina e celulose apresentam alta concentração, o que impede o processo de decomposição da casca de arroz, que não ocorre sobre condições anaeróbicas, como na compostagem, sendo possível, somente, em meio aeróbico, na presença de certos fungos específicos (WALLAUER, 2011).

A casca de arroz pode ser utilizada como ração animal, cama para ovinos, aditivo na indústria de cimento, fertilização em campos e incubação de frango. Além disso, a casca de arroz possui elevado teor de dióxido de silício (sílica) se comparado a outros cereais, composto químico, cristalino utilizado para diversos usos (LUZZIETTI *et al.*, 2013). Porém a utilização da casca de arroz para estes fins não é suficiente para eliminar este resíduo.

Com isso, para maximizar o aproveitamento da matéria prima e reduzir o impacto do resíduo gerado, a casca de arroz tem sido utilizada como alternativa para a produção de energia a fim de atender a demanda energética industrial e reduzir custos com energia elétrica, além de proporcionar a empresa vantagens competitivas. Entretanto, com o aproveitamento dos resíduos da casca de arroz para a geração de energia, surge a preocupação em relação às cinzas, fumaça e poeira oriundas da queima da casca de arroz, o que deve ser estudado para que o processo não impacte o ambiente e o bem estar da população (URSINI & BRUNO, 2012).

3.5 Adesivos para a produção de painéis aglomerados

Estudos sobre o uso de resinas alternativas menos impactantes ao meio ambiente são necessários para melhoria do desempenho ambiental de painéis de madeira (FREIRE *et. al.*, 2015).

Na indústria de painéis, a resina ureia-formaldeído é a mais empregada atualmente. O principal fator que justifica o seu uso é o seu custo baixo em relação às outras resinas (IWAKIRI, 2005). Para melhorar a relação custo/benefício, visto ser

o componente de maior custo, é essencial definir o tipo e a quantidade de resina a ser usada (MENDES et. al. 2012).

A principal desvantagem da resina UF é a falta de resistência a condições de umidade elevadas. Já a resina MUF melhora as condições de resistência a umidade de painéis de madeira, e é bastante utilizada para painéis de madeira de uso exterior (MENDES et. al., 2012; FREIRE et. al., 2015).

Eleotério (2000) relata que estudo mostram que com incremento de teor de resina resulta na diminuição dos valores encontrados para as propriedades de inchamento em espessura e absorção de água, ambos com 24h de imersão e que a relação entre o aumento do teor de resina e as propriedades mecânicas é positiva, sendo que painéis com alto conteúdo de resina são mais rígidos e resistentes. E ainda que, a eficiência da resina em aglomerados depende das propriedades do adesivo, da distribuição das partículas e do contato entre as partículas, em que alternativa de melhorar a estabilidade dos painéis é aumentar o conteúdo de resina na superfície do colchão.

3.5.1 Tanino

A fim de encontrar matérias-primas alternativas para a produção de adesivos resistentes à umidade e de custo inferior, as pesquisas foram motivadas a tentar substituir os adesivos sintéticos, oriundos do petróleo, por adesivos de base natural, como os adesivos à base de tanino (ALMEIDA, 2010).

Taninos são substâncias polifenólicas presentes em quase todas as plantas superiores em diferentes quantidades e são obtidos geralmente da madeira e da casca de certas folhosas, pois as coníferas apresentam pequenas quantidades, com exceção de suas cascas (FERREIRA, 2004).

De acordo com a estrutura química, os taninos classificam-se em hidrolisáveis e condensáveis, porém apenas os taninos condensáveis são quimicamente e economicamente interessantes para a preparação de adesivos e resinas (PIZZI, 1983). Os taninos condensados são polifenóis que possuem estrutura química de carbono do tipo $C_6C_3C_6$. São formados por unidades de flavonóides em vários graus de condensação. Esta ligação ocorre normalmente entre os carbonos 4 de uma estrutura e 8 da outra (QUEIROZ et al., 2002).

Os compostos polifenólicos de algumas espécies de madeira possuem grande poder de ligação, podendo ser utilizado como resina (FERREIRA, 2004). Os taninos reagem com o formaldeído em meio ácido, dando origem à resina tanino-formaldeído. A reação do tanino com o formaldeído se apresenta como fundamento para o seu emprego como adesivo, já que assim surgem policondensados de alto peso molecular (ROFFAEL e DIX, 1994 apud ALMEIDA, 2010).

Almeida (2010) menciona que a acácia negra (*Acacia mearnsii*) é uma espécie que possui elevados teores de tanino, que por meio da extração de taninos das cascas pode-se produzir adesivos para a madeira, e ainda o resíduo obtido depois da extração poderia ser queimado para geração de energia. Os extrativos da casca de acácia negra são uns dos mais importantes taninos condensados produzidos industrialmente (GUANGCHENG et al., 1991 apud ALMEIDA, 2010).

O adesivo tanino-formaldeído (TF) é obtido por reação de taninos condensados com formaldeído. Além da reatividade, o grau de condensação dos taninos apresenta grande importância na fabricação de adesivos, uma vez que influencia na viscosidade da solução e ligação das moléculas de tanino (MARTINS, 2014).

O Brasil conta com a maior unidade de produção de taninos do mundo, a TANAC S. A. , onde o tanino corresponde a 30% do faturamento da empresa, sendo 30% de sua produção anual destinada ao mercado interno e os outros 70% embarcados para mais de 70 países (PAZ, 2003).

3.5.2 Adesivo Ureia-formaldeído (UF)

Os adesivos sintéticos podem ser classificados em adesivos termoplásticos e adesivos termofixos (CHINASSO e LOPES, 2008). Os adesivos termofixos são ativados pela aplicação de calor, ou seja, por meio de um catalisador. Neste processo ocorre policondensação, onde modificações físicas e químicas se dão de forma irreversível, tornando o adesivo insolúvel e rígido. Os adesivos termofixos possuem elevado módulo de rigidez em relação aos adesivos termoplásticos (SANTOS, 2005) e são utilizados em larga escala nas indústrias de painéis e móveis para a colagem de madeira e seus produtos, principalmente os adesivos ureia-formaldeído e fenol-formaldeído (TEODORO E LELIS, 2005).

A resina ureia-formaldeído foi desenvolvida no início da década de 1930, e sua composição é baseada, principalmente, na ureia e no formaldeído. A ureia é obtida pela reação de dióxido de carbono e amônia, com temperatura entre 135 e 200°C e pressão de 70 a 130atm (Iwakiri, 2005), e o formaldeído é um gás produzido, em grande escala no mundo, a partir do metanol, que em sua forma líquida, quando é misturado à água e álcool, é chamado de formol. O formol é produzido a partir do metanol originário do metano fornecido pelo gás natural (IARC, 2004; MALONEY, 1993 apud GRUBERT, 2014).

Teodoro e Lelis (2005) afirmam que os adesivos a base de ureia- formaldeído são resinas de origem da reação de condensação entre a ureia e o formaldeído, com conteúdo de formaldeído inferior apresentando elevada vida útil e são caracterizados como versáteis, de elevada viscosidade, tempo de cura lento e de custo inferior na produção de chapas de partículas de madeira, porém sua utilização é indicada para ambientes internos, pois não apresenta resistência a umidade.

De modo geral, a resina ureia-formaldeído é consumida em todo o mundo pelas indústrias de painéis, podendo chegar a 90% de utilização neste setor. Na produção de aglomerados para uso interno, ureia-formaldeído é o adesivo mais utilizado, devido ao seu desempenho, baixo custo em relação aos outros adesivos, facilidade de manuseio, cura rápida e por não apresentarem cor após a cura (IWAKIRI, 2005).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido no Laboratório de Painéis de Madeira – LAPAM pertencente ao curso de Engenharia Industrial Madeireira da Universidade Federal de Pelotas.

4.1 Obtenção do Material

A casca de arroz, *Oriza sativa L.*, foi cedida pela Cooperativa Arrozeira Extremo Sul Ltda., localizada em Pelotas – RS, de arroz produzido na região sul do Rio Grande do Sul.

O adesivo a base de tanino da casca de acácia negra foi disponibilizada na forma de pó (Phenotan AP) e doada pela empresa TANAC S. A., localizada em Montenegro - RS e o adesivo ureia-formaldeído (Cascamite MDP 1212), cedido pela empresa Hexion Química do Brasil, de Curitiba-PR.



Figura 1 – a) Casca de arroz (*Oriza sativa L.*). b) Adesivo natural à base de tanino da casca de acácia negra. c) Resina sintética ureia-formaldeído.

FONTE: A autora (2015).

4.2 Preparação do Material

Primeiramente, com o recebimento do resíduo agrícola, o material foi limpo por meio de peneiramento para que fossem retiradas as impurezas oriundas do processo industrial, sendo empregada a peneira com abertura de 40mesh (Figura 2).



Figura 2 – Limpeza das cascas de arroz por meio de peneira de análise granulométrica.

FONTE: A autora (2015).

Com o intuito de aumentar a área de contato entre as cascas de arroz e o adesivo, proporcionando melhores condições de cura do adesivo, foi necessário o processamento das amostras para geração das partículas com menor geometria, sendo quebradas e perdendo a forma característica da casca de arroz.

Dessa forma o processamento mecânico do material foi realizado em desintegrador DPM, marca Nogueira, com motor a diesel e rotor de martelo e malha com abertura de 5mm (Figura 3), pertencente à Cabanha Corunilha, localizada no município de Canguçu-RS.



Figura 3 – Desintegrador DPM Nogueira utilizado no processamento das cascas de arroz.

FONTE: A autora (2015).

Após o processo de fragmentação das cascas, realizou-se a classificação das partículas nas dimensões necessárias a produção do painel, visando a homogeneidade e retirada de impurezas e finos produzidos, utilizando peneiras de análise granulométrica, selecionando as partículas retidas nas peneiras de 30 *mesh* e 40 *mesh* que foram armazenadas em sacos plásticos, descartando as partículas que passaram pela peneira de 40 *mesh*, caracterizadas como finos.

O teor de umidade inicial foi determinado e após as partículas foram inseridas em caixas com estrutura de madeira e telas (Figura 4b), sendo posteriormente encaminhadas a estufa com circulação e renovação de ar (Figura 4a) a temperatura de 60°C até obter peso constante.

Para controle do teor de umidade, foram retiradas quatro amostras do material e encaminhadas a estufa laboratorial a 103±2°C até peso constante, empregando-se o método gravimétrico por meio da equação:

$$TU = \frac{(P_u - P_s)}{P_s} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

, onde:

TU= teor de umidade (%);

P_u= peso úmido (g);

P_s= peso constante após estufa.



Figura 4 – a) Estufa com circulação de ar. b) Secagem das cascas de arroz em estrutura de madeira telada.

FONTE: A autora (2015).

4.3 Produção e propriedades do adesivo Ureia-Tanino-formaldeído

Para produção da solução de tanino baseou-se em metodologia descrita por Ferreira (2010), sendo necessário dissolver o tanino em pó em água destilada a 60°C de temperatura, na proporção de 45% de sólidos. A solução foi homogeneizada com auxílio de um misturador (Figura 5), evitando-se a formação de grumos. Para a modificação da resina ureia-formaldeído utilizou-se a solução de tanino sem a adição de formaldeído sendo adicionado na proporção de 10% em relação ao peso total da resina sintética líquida.

A elevação do pH foi realizada por meio da adição de micropérolas de hidróxido de sódio (NaOH) na proporção de 0,8% sobre o peso líquido da solução de tanino.



Figura 5 – Mistura de tanino em pó e água com auxílio do agitador mecânico.

FONTE: A autora (2015).

Para o delineamento da produção dos painéis aglomerados é necessário a avaliação dos parâmetros de qualidade dos adesivos. Dentre as características dos adesivos que podem influenciar a colagem de produtos de madeira foram determinadas as propriedades: densidade, pH, teor de sólidos, tempo de formação de gel (*gel time*) e viscosidade dinâmica.

As propriedades do adesivo avaliado, conforme a modificação proposta por Ferreira (2010), podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores médios para cada parâmetro de qualidade dos adesivos

Parâmetro do adesivo	T	TN	UT
Densidade (g/cm ³)	1,22	1,23	1,29
<i>Gel time</i> (s)	1837	277	465
pH	7,02	7,83	8,04
Teor de sólidos (%)	46,74	46,45	64,36
Viscosidade (mPa.s)	405,25	737,39	1286,08

T= adesivo a base de tanino; TN= adesivo tanino com adição de NaOH; UT= adesivo ureia-formaldeído enriquecido com tanino.

4.4 Produção dos painéis aglomerados

Para a produção dos painéis aglomerados de baixa densidade foram utilizados aproximadamente 7,500kg de partículas limpas e secas de casca de arroz a $\pm 3\%$ de teor de umidade, foram realizados dois tratamentos distintos pelo teor de resina utilizado com três repetições (Tabela 3), para avaliação do efeito do processamento da casca *versus* teor de resina.

Tabela 3 – Delineamento experimental

Tratamento	Matéria Prima	Teor de Resina	Repetições
1	Casca de Arroz Processada	8%	3
2	Casca de Arroz Processada	10%	3

A densidade e a espessura do painel foram estipuladas levando em consideração as características de um painel de baixa densidade e ainda para possível utilização de painel com características de isolamento.

Foram produzidos painéis de 500x500mm, com densidade nominal estipulada em $0,18\text{g/cm}^3$ e espessura nominal de 25mm, que por meio destes valores foi calculado a quantidade de cada constituinte do painel e com teor de umidade do colchão de 13%. Os valores encontrados estão expostos na Tabela 4.

Tabela 4 – Quantidade de cada constituinte dos painéis.

Tratamento	Teor de Resina	Casca de arroz	Adesivo UT	H ₂ O
1	8%	1.210,5g	148,9g	38,1g
2	10%	1.190,1g	183,0g	37,6g

Após as pesagens foram misturados a água destilada e a resina ureia-formaldeído com tanino, para cada formulação e repetição separadamente, em béquer com auxílio de bastão de vidro e colocados no recipiente da pistola (Figura 6b) de aplicação acoplada na encoladeira (Figura 6a) para pulverização do adesivo nas partículas por meio de ar comprimido. O adesivo foi aplicado nas cascas de arroz de forma homogênea a fim de obter-se uniformidade. A encoladeira foi programada para 14 RPM, por aproximadamente 15 minutos.



Figura 6 – a) Encoladeira. b) Pistola para aplicação do adesivo.

FONTE: A autora (2015).

Após o processo de aplicação do adesivo foram pesados 1.250kg de partículas para a formação do colchão em caixa formadora (moldura vazada de dimensões de 50x50cm) e com auxílio de uma chapa metálica na parte inferior da moldura. Para controle da espessura final do painel foram inseridos bitoladores de espessura (espaçadores) de 25mm (Figura 7) e teve-se o cuidado para que as partículas encoladas fossem distribuídas uniformemente para que as propriedades sejam homogêneas considerando espessura e densidade desejadas. Em seguida, o colchão foi encaminhado para a prensa hidráulica, com aquecimento elétrico dos pratos, capacidade de 160 toneladas e dotada de CLP (Controle Lógico Programável – tempo, temperatura e pressão), da marca Hidraumak (Figura 8), para a consolidação do painel. Os parâmetros de prensagem foram: temperatura = 180°C, tempo = 15 minutos e pressão específica de 10kgf/cm². Após o processo de prensagem os painéis (Figura 9) foram encaminhados a uma câmara climatizada com temperatura de 22°C±1 e umidade relativa de 65%±5.



Figura 7 – Colchão formado e espaçadores de 25mm.

FONTE: A autora (2015).



Figura 8 – Prensa hidráulica Hidraumak.

FONTE: A autora (2015).



Figura 9 – Painéis com 8 e 10% de resina após prensagem.

FONTE: A autora (2015).

4.5 Ensaios Físicos dos Painéis

Os corpos de prova (Figura 10) foram confeccionados por meio de cortes em serra circular de bancada. O número de corpos de prova por propriedades avaliada, para cada repetição dos tratamentos e os corpos de prova totais amostrados são apresentados na Tabela 5, sendo submetidos aos ensaios físicos de acordo com as especificações da Norma Europeia.

Tabela 5 – Ensaios físicos realizados nos painéis aglomerados e quantidade tratamentos, repetições e corpos de prova amostrados.

Ensaio	T	NR	Dimensões CP	CP/Painel	CP Total
Absorção de água e Inchamento em espessura	2	3	50,0 x 50,0mm	15	90
Densidade e Teor de umidade	2	3	50,0 x 50,0mm	15	90

Em que: T= número de tratamentos; NR= número de repetições e CP = corpo de prova.



Figura 10 – Corpos de prova após a confecção em serra circular de bancada.

FONTE: A autora (2015).

4.5.1 Densidade

Para a determinação da densidade dos painéis aglomerados os corpos de prova foram pesados em balança analítica e os volumes foram obtidos por meio de aferição direta, com paquímetro digital. O teste de densidade se realizou de acordo com a Norma Europeia EN 323 (1993) e os valores determinados pela Equação 2.

$$d = \frac{P}{V} \quad \text{Equação 2}$$

, onde:

d = densidade (g/cm³);

P = peso (g);

V= volume (cm³).

4.5.2 Teor de umidade do painel

A determinação do teor de umidade dos painéis aglomerados foi realizada pesando os corpos de prova e condicionando-os em estufa a 65±5°C até peso constante, realizando pesagens durante o processo a fim de monitorar a secagem, como descrito na metodologia da Norma Europeia EN 322 (1993). Após peso constante, obtido no terceiro dia de secagem, o teor de umidade foi calculado por meio da Equação 1.

4.5.3 Absorção de água

Para a determinação da Absorção de Água (AA) dos painéis aglomerados, os corpos de prova foram pesados em balança analítica e a seguir foram imersos em água destilada por 24 horas em béqueres separados (Figura 11) e quando retirados foram diretamente pesados. O teste para a absorção em água foi realizado de acordo com Norma Europeia EN 317 (1993) e calculada por meio da Equação 3.

$$AA = \frac{(P_f - P_i)}{P_i} \times 100 \quad \text{Equação 3}$$

, onde:

AA = absorção de água (%);

P_i = peso inicial (g);

P_f = peso após 24 horas de imersão em água (g).

4.5.4 Inchamento em espessura

O inchamento em espessura foi avaliado por meio da aferição das espessuras no centro de cada um dos corpos de prova, colocados em imersão em água

destilada, em béqueres separadamente (Figura 11), e após 24h as espessuras foram novamente medidas, metodologia de acordo com a Norma Europeia EN 317 (1993), determinando o inchamento em espessura através da Equação 4.

$$IE = \frac{(E_f - E_i)}{E_i} \times 100 \quad \text{Equação 4}$$

, onde:

IE = inchamento em espessura (%);

E_i = espessura inicial (cm);

E_f = espessura após 24 horas de imersão em água (cm).



Figura 11 – Imersão dos corpos de prova em água destilada.

FONTE: A autora (2015).

4.6 Análise estatística

O experimento caracterizou-se por um delineamento inteiramente casualizado onde foi analisado o efeito de diferentes teores de resina nas propriedades físicas dos painéis, sendo dois tratamentos avaliados com três repetições, perfazendo um total de 6 painéis.

A normalidade dos dados foi determinada pelo teste de *Shapiro Wilks* e a verificação da homogeneidade das variâncias pelo teste de *Barlett*.

As propriedades físicas dos painéis aglomerados foram submetidas à análise de variância - ANOVA, havendo rejeição da hipótese de nulidade pelo teste F, aplicou-se o teste Tukey ao nível de 5% de significância para comparação entre as médias e avaliação do efeito do teor de resina entre os tratamentos avaliados.

O programa estatístico utilizado para o processamento das variáveis foi o *Statgraphics* versão 4.1.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Densidade

Para a propriedade física densidade (d) os valores médios observados nos painéis produzidos estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Valores médios para densidade (d) dos painéis aglomerados produzidos

Tratamento	d (g/cm ³)
T1 - 8% de Resina UTF	0,16 ^a (6,84)**
T2 - 10% de Resina UTF	0,17 ^b (10,14)

* Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste Tukey.

** Coeficiente de Variação.

Os valores médios encontrados variaram de 0,16 a 0,17g/cm³, apresentando diferença estatisticamente significativa nos dois tratamentos avaliados (Apêndice A), também diferem do valor de densidade estipulado neste estudo de 0,20g/cm³. Para o tratamento 2, 10% de teor de adesivo, se observou valor médio de densidade superior ao tratamento 1, se aproximando mais da densidade estipulada. Ressalta-se que as espessuras encontradas dos painéis produzidos se encontram abaixo da espessura nominal estipulada de 25mm, o que justifica esta diferença encontrada para a densidade e ainda, pela produção dos painéis ter sido realizada em laboratório, onde se tem problemas no controle do processo.

Para Iwakiri (2005) a redução da densidade nominal pode ser atribuída principalmente às perdas de materiais durante as fases de retirada das partículas da encoladeira, formação do colchão e carregamento da prensa, mesmo considerando-se a porcentagem de perda adicionada nas pesagens de material deste estudo.

Lourenço Neto et al. (2014) encontrou valores médios de densidade de 0,58 e 0,60 g/cm³ para painéis de casca de arroz com 8% de adesivo para densidade e espessura estipuladas em 0,70g/cm³ e 8mm, respectivamente, apresentando, também valores inferiores ao estipulado, em que a produção se realizou em laboratório, da mesma forma que o presente estudo.

Semelhante aos resultados obtidos por Melo (2009), que encontrou valores médios de densidade de painéis aglomerados de casca de arroz de 9,5mm de espessura, produzidos com diferentes adesivos a 8%, de 0,63g/cm³ para painéis

com adesivo UF e 0,64g/cm³ para painéis com adesivo TF, inferiores a densidade estipulada de 0,65g/cm³.

5.2 Teor de umidade

Os valores médios encontrados para o teor de umidade (TU) dos painéis produzidos estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Valores médios para teor de umidade (TU) dos painéis aglomerados produzidos

Tratamento	TU (%)
T1 - 8% de Resina UTF	13,04 ^b (14,87)
T2 - 10% de Resina UTF	9,39 ^a (19,23)

* Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste Tukey.

** Coeficiente de Variação.

As partículas após serem colocadas em estufa a 60±5°C por 9 horas chegaram ao valor médio para o teor de umidade de 3,23%, aproximando do valor proposto por Iwakiri (2005), de TU inferior a 3%. O teor de umidade do colchão, para os tratamentos foi estipulado em 13%, os valores encontrados para o tratamento 1 e tratamento 2 foram de 16,08% e 11,01%, respectivamente.

Para Eleotério (2000) o teor de umidade do colchão tem a importante função de transferir calor para a sua porção interna durante a prensagem, sendo que colchões com baixos teores de umidade podem ocasionar problemas na prensagem, não permitindo que a espessura desejada seja atingida ou se mantenha estável.

Melo (2009) ressalta que vários fatores podem ter influenciado esta variação, como a própria diferença de umidade das partículas ao saírem da estufa e às pequenas parcelas dos produtos aplicados (água, adesivos) que vão se perdendo ao longo do processo por aderirem nos instrumentos (mangueira, pistola e encoladeira).

Com isso, para o teor de umidade dos painéis aglomerados produzidos, os valores médios encontrados variam de 9,39% a 13,04%, apresentando diferença estatisticamente significativa (Apêndice B), sendo que o tratamento 1, demonstrou teor de umidade superior (Tabela 6), o qual já apresentara teor de umidade do colchão superior. Comparando os resultados observados com os estudos desenvolvidos por Melo (2009) e Lourenço Neto et al. (2014), verifica-se que os

valores do presente estudo foram superiores. Os referidos autores encontraram valores médios de teor de umidade para os painéis aglomerados, produzidos com casca de arroz com 8% de adesivo UF, de 8,39% e 7,95%, respectivamente.

5.3 Absorção de água

Os valores médios encontrados para a absorção de água (AA) em 24 horas dos painéis aglomerados avaliados podem ser observados na Tabela 8.

Tabela 8 – Valores médios para absorção de água (AA) dos painéis aglomerados produzidos

Tratamento	AA (%)
T1 - 8% de Resina UTF	152,75 ^a (7,33)**
T2 - 10% de Resina UTF	187,21 ^b (6,45)

* Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste Tukey.

** Coeficiente de Variação.

Os valores médios encontrados variaram de 152,75 a 187,21%, apresentando diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos, onde o tratamento 2, que utilizou 10% de adesivo na produção, obteve valor médio superior ao tratamento 1, que utilizou 8% de adesivo (Apêndice C).

Lourenço Neto et al. (2014) avaliando painéis aglomerados produzidos com casca de arroz, 8% de adesivo UF, densidade de 0,70g/cm³ e espessura de 8mm, encontrou valor médio de 146,2% para a absorção de água em 24 horas, assim como Souza (2012) determinou valores médios, variando de 105,62 a 109,54% para painéis com 7% de adesivo TF e 94,81 a 96,58% para os produzidos com 10% de adesivo TF, para painéis aglomerados de 0,65g/cm³ e 9,5mm de espessura. Ambos os autores encontraram valores médios inferiores aos obtidos neste estudo para a absorção de água realizada em 24 horas, possivelmente pelos valores de densidade e espessura estipulados pelos autores serem distintos.

Para Eleotério (2000) o teor de umidade do colchão afeta as propriedades de absorção de água e inchamento em espessura, logo nota-se que no presente estudo os valores médios encontrados para ambos os tratamentos diferem do valor estipulado de 13%, ficando o tratamento 1 com valor superior e o tratamento 2 com valor inferior ao estipulado.

Sendo o tratamento 1, mesmo com teor de resina inferior, apresentou valores médios superiores para teor de umidade do colchão e teor de umidade dos painéis foi o que obteve valores médios inferiores para a absorção em água.

5.4 Inchamento em espessura

Com relação ao inchamento em espessura dos painéis produzidos, os valores médios encontrados estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Valores médios para inchamento em espessura (IE) dos painéis aglomerados produzidos

Tratamento	IE (%)
T1 - 8% de Resina UTF	8,27 ^a (32,02)
T2 - 10% de Resina UTF	8,10 ^a (32,73)

* Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste Tukey.

** Coeficiente de Variação.

Os valores médios obtidos não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, variando de 8,27 a 8,10% (Apêndice D).

Entretanto, para grande parte dos corpos de prova os valores médios de espessura resultaram em valores inferiores (24,3mm) a medida dos espaçadores (25mm) utilizados no processo de prensagem dos painéis, fato que de acordo com Eleotério (2000) pode ter sido por consequência do teor de umidade do colchão.

Produzindo aglomerados com casca de arroz com diferentes teores de adesivo TF, densidade de 0,65g/cm e espessura de 9,5mm³, Souza (2012) encontrou valores para o inchamento em espessura que variam de 54,44 a 66,22% para os painéis com 7% de TF e 38,70 a 51,13% para os painéis com 10% de adesivo TF, e ainda, quando comparado aos seus demais tratamento referentes a densidades maiores, observou que a medida que a densidade era superior, o inchamento em espessura se comportava de forma inversa (inferior).

Lourenço Neto et al. (2014) encontrou valor médio para o inchamento em espessura de 43,36% para painéis aglomerados produzidos com casca de arroz e adesivo UF, da mesma forma Melo (2009) obteve para aglomerados de casca de arroz com densidade de 0,65g/cm³ e espessura de 8mm, 49,57% para painéis com

adesivo UF e 39,51% para painéis com adesivo TF. Os valores encontrados pelos referidos autores são muito superiores aos observados neste estudo, ressalta-se então, que a espessura dos painéis aglomerados produzidos com casca de arroz era de 25mm e por se tratar de painéis de baixa densificação.

Em comparação com o requisito normativo da norma europeia EN 312-4 (1996) para uso em ambientes internos o inchamento em espessura é de no máximo 15%, para chapas aglomeradas com espessura variando de 20 - 25mm, os valores médios encontrados para ambos os tratamentos se enquadram nesta especificação.

6 CONCLUSÃO

Com base nas análises realizadas e resultados obtidos durante o desenvolvimento deste estudo é possível apresentar as seguintes conclusões:

- ✓ De modo geral, a produção de painéis aglomerados de baixa densificação com casca de arroz processada e diferentes teores de adesivo ureia-tanino-formaldeído foi satisfatória, sendo viável tecnicamente em função da avaliação das propriedades físicas, levando em consideração a estabilidade dimensional encontrada;
- ✓ A estabilidade do painel está diretamente relacionada com o teor de resina utilizado no processo, sendo assim o Tratamento 2 (10% de resina) apresentou estrutura consolidada, cura do adesivo e estabilidade dimensional superior, além de demonstrar densidade superior, mesmo apresentando absorção de água superior;
- ✓ Os valores médios encontrados para a densidade para ambos os tratamentos foram inferiores a densidade nominal estipulada, sendo que entre os tratamentos, o que utilizou 10% de teor de resina apresentou valores superiores. No entanto, os valores encontrados ficaram próximos ao esperado se tratando de procedimentos laboratoriais.
- ✓ Com relação a absorção de água, o efeito do teor de adesivo proporcionou diferença nos resultados, apresentando uma tendência inversa ao convencionalmente observado na literatura para painéis de madeira aglomerada;
- ✓ De acordo com as especificações da norma europeia, para painéis de madeira aglomerada para uso em ambientes internos, os valores de inchamento em espessura nos tratamentos avaliados enquadraram nos requisitos estipulados.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA – ABIPA. **Nossos produtos**. 2010. <www.abipa.org.br/produtosMDP.php>. Acesso em 27 jul. 2015.

ALMEIDA, R. R. **Colagem de chapas de madeira aglomerada com adesivos à base de taninos da casca de *Pinus olocarpa* Schiede ex Schltdl.** 2010. 50p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

ALONÇO, A. S.. **Cultivo do Arroz Irrigado no Brasil**. EMBRAPA Clima Temperado, 2005. Versão Eletrônica. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/cap01.htm>>. Acesso em: 27 jul. 2015.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Setorial: Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas**. Rio de Janeiro, n. 27, p. 121 – 156, março 2008.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Setorial: Panorama de mercado: painéis de madeira**. Produtos Florestais, 2014. p.323-384. Versão eletrônica. Disponível em <<http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>> Acesso em: 08 nov. 2015.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010, **Política nacional de resíduos sólidos**. 2. ed. Brasília: Câmara dos Deputados, 2010.

CARVALHO, S. T. M. **Propriedades térmicas do painel aglomerado de bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2012. 73p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CHINASSO, Carlos Augusto; LOPES, Merielen de Carvalho. Adesivos para madeira. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO FLORESTAL, 1., 2008, Curitiba. Anais eletrônicos... Curitiba: Unicentro, 2008. Disponível em: <<http://anais.unicentro.br/sef/isef/palestrantes/Minicurso%206.pdf>> Acesso em: 19 mai. 2014.

CHUNGSANGUNSIT, T. *et al.*. Environmental Profile of Power Generation from Rice Husk in Thailand. In: THE JOINT INTERNATIONAL CONFERENCE ON

“SUSTAINABLE ENERGY AND ENVIRONMENT (SEE)”, 2004, Hua Hin. **Anais...**
Hua Hin:Tailândia, 2004. p. 739-742.

ELEOTÉRIO, J. R. **Propriedades físicas e mecânicas de painéis MDF de diferentes densidades e teores de resina.** 2000. 121 f. Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras)– Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION – EUROPEAN STANDARD EN 312-4. **Specifications of the structural panels for use in dry environmenr.** Bruxelas, 1996.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION – EUROPEAN STANDARD EN 317. **Particleboards and fibreboards – Determination of swelling in thickness after immersion in water.** Bruxelas, 1993.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION – EUROPEAN STANDARD EN 322. **Wood-based panels – Determination of moisture content.** Bruxelas, 1993.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION – EUROPEAN STANDARD EN 323. **Wood-based panels – Determination of board density.** Bruxelas, 1993.

FERREIRA, E. S. **Utilização dos polifenóis da casca de pinus para produção de adesivos para compensados.** 2004. 79f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Área de Concentração em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

FERREIRA, E. S. **Propriedades físico-mecânicas de painéis de fibras de média densidade (MDF) produzidos com resinas convencionais e modificadas com tanino de acácia negra.** 2010. 212f. Tese (doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

FREIRE, A. L. F.; FIGUEIREDO, M. C. B.; ROSA, M. F.; ARAÚJO JÚNIOR, C. P. Impactos ambientais de painéis de madeira e derivados – Uma revisão de literatura. **Competência:** Revista Espacios da Asociación para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, Caracas, v. 36, n. 10, p. 3, 2015.

GRUBERT, Willian. **Utilização de feixes de fibras de pinus spp. e partículas de polietileno de baixa densidade (PEBD) para produção de painéis aglomerados.** 2014. 65p. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Curso de Engenharia

Florestal, Campus Curitibanos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **MDP – Medium Density Particleboard – Painéis de Partículas de Média Densidade**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.iba.org/pt/9-conteudo-pt/587-mdp-medium-density-particleboard-paineis-de-particulas-de-media-densidade>> Acesso em: 08 nov. 2015.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Painéis de madeira**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.iba.org/pt/produtos/paineis-de-madeira>> Acesso em: 08 nov. 2015.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ – IRGA. **Produtividades municipais safra 2014/2015**. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/>>. Acesso em: 27 jul. 2015.

IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira Reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. 247p.

LAMEIRAS, R. *et al.*. Desenvolvimento de painéis *sandwich* estruturais constituídos por camadas nervuradas de betão auto-compactável reforçado com fibras de aço e conectores de compósito polimérico reforçado com fibras de vidro. In: ENCONTRO NACIONAL BETÃO ESTRUTURAL, 2012, Porto. **Anais eletrônicos...** Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2012. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/21535>>. Acesso em: 27 jul. 2015.

LOURENÇO NETO, G. R.; KOSCHIER, P. V.; SCHIMITZ, V. N.; CHAGAS, C. D.; OLIVEIRA, L. S.; FERREIRA, E. S. Propriedades físicas de painéis aglomerados produzidos com resíduos lignocelulósicos. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 23., 2014, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2014.

LUZZIETTI, M. *et al.*. Estudo da Utilização da Casca de Arroz da Produção de Bioenergia no Município de Turvo/SC. In: ENCONTRO DE ECONOMIA CATARINENSE, 7., 2013, Criciúma. **Anais eletrônicos...** Criciúma: Associação de Pesquisadores em Economia Catarinense, 2013. Disponível em: <http://www.apec.unesc.net/VII_EEC/sesoes_tematicas/%C3%81rea%20%20Econ%20Rural/ESTUDO%20DA%20UTILIZA%C3%87%C3%83O%20DA%20CASCA%20DE%20ARROZ.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2015.

MARTINS, Jairo das Neves. **Potencial de extração dos polifenóis das cascas de folhosas para produção de adesivos**. 2014. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso

– Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.

MATTOS, René Luiz Grion; GONÇALVES, Roberta Mendes; CHAGAS, Flávia Barros das. **Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas**. Rio de Janeiro: BNDES Setorial (Banco Nacional Do Desenvolvimento Econômico E Social), 2008. n.27. p.121-156.

MEIRELLES, C. R. M. *et al.*. O potencial sustentável dos sistemas leves na produção da habitação social. **Competência**: Revista de Arquitetura da IMED - RS, Passo Fundo, v. 1, n.2, p. 164-173, 2012. Disponível em: <<https://seer.imed.edu.br/index.php/arqimed/article/view/423> > Acesso em: 27 jul. 2015.

MELO, R. R. **Propriedades físico-mecânicas e resistência a bioteriores de chapas aglomeradas constituídas por diferentes proporções de madeira e casca de arroz**. 2009. 77f. Dissertação (mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B.; SANTOS, R. C.; CÉSAR, A. A. S. **Efeito da associação de bagaço de cana, do tipo e do teor de adesivo na produção de painéis aglomerados**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 161-170, 2012.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Arroz. Versão eletrônica. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/arroz> > Acesso em: 27 jul. 2015.

PAZ, V. 2003. Tanac exporta tanino certificado pela FDA para tratar água. Gazeta Mercantil C13.

PIZZI, A. **Wood adhesives**: chemistry and technology. New York: Marcell Dekker, 1983. 364p.

QUEIROZ, C. R. A. A; MORAIS, S. A. L; NASCIMENTO, E. A. Caracterização dos taninos da aroeira-preta (*Myracrodruon urundeuva*). **Revista Árvore**, Viçosa-MG. V.26, n.4, p.485- 492, 2002.

SANTOS, A. F. **Avaliação do comportamento mecânico de um adesivo estrutural epóxi utilizado na indústria automobilística**. 2005. p.147. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SOUZA, J. T. **Aproveitamento da casca de arroz para fabricação de chapas aglomeradas**. 2012. 94f. Dissertação (mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

TEODORO, Â. S. e LELIS, R. C. C. Colagem de madeira sólida com adesivo natural à base de tanino. Revista Universidade Rural: Série Ciências da Vida, Seropédica, RJ: EDUR, v. 25, n.1, p. 55-59, jan-jun, 2005.

URSINI, T. R.; BRUNO, G. O. A Gestão para a Responsabilidade Social e o Desenvolvimento Sustentável. **Competência**: Revista da Fundação de Apoio a Tecnologia – FAT – SP, São Paulo, n.3, p. 31-33, 2012. Disponível em: <http://www.ethos.org.br/_Uniethos/Documents/RevistaFAT03_ethos.pdf> Acesso em: 27 jul. 2015.

VIDAL, A. C. F.; HORA, A. B.. **Panorama de mercado: painéis de madeira**. BNDES Setorial (Banco Nacional Do Desenvolvimento Econômico E Social) Produtos Florestais, 2014. p.323-384. Versão eletrônica. Disponível em <<http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>> Acesso em: 08 nov. 2015.

WALLAUER, F. A.. **Estudo e avaliação da adição de cinza de casca de arroz à borracha EPDM**. 2011. 48 f. Trabalho de Diplomação (Engenharia de Materiais) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/31402/000782856.pdf?...1>>. Acesso em: 27 jul. 2015.

WEBER, Cristiane. **Estudo sobre viabilidade de uso de resíduos de compensados, MDF e MDP para produção de painéis aglomerados**. 2011. 87f. Dissertação (mestrado) - Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

Apêndices

APÊNDICE A – Tabela ANOVA para densidade dos painéis aglomerados

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Df	Quadrado médio	F	P
Entre grupos	0,00133333	1	0,00133333	6,17	0,0193
Dentro dos grupos	0,00605333	28	0,00021619		
Total (corr.)	0,00738667	29			

APÊNDICE B – Tabela ANOVA para teor de umidade dos painéis aglomerados

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Df	Quadrado médio	F	P
Entre grupos	99,7363	1	99,7363	28,35	0
Dentro dos grupos	98,5209	28	3,5186		
Total (corr.)	198,257	29			

APÊNDICE C – Tabela ANOVA para absorção de água dos painéis aglomerados

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Df	Quadrado médio	F	P
Entre grupos	8905,15	1	8905,15	65,53	0
Dentro dos grupos	3804,92	28	135,89		
Total (corr.)		29			

APÊNDICE D – Tabela ANOVA para inchamento em espessura dos painéis aglomerados

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Df	Quadrado médio	F	P
Entre grupos	0,193603	1	0,193603	0,03	0,8694
Dentro dos grupos	198,824	28	7,02944		
Total (corr.)	197,018	29			